

**WPLYW DŁUGOŚCI OKRESU UPRAWY SADZONEK NA
ZAWARTOŚĆ SKROBI W KORZENIACH ORAZ PLONOWANIE
ROŚLIN TRUSKAWKI ODMIANY ELSANTA**

**The effect of the duration of the growing period and chilling history
on root starch content and post-storage cropping of ‘Elsanta’
strawberry plants**

Krzysztof Klamkowski, Waldemar Treder,
Anna Tryngiel-Gać
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach
96-100 Skierniewice, ul. Pomologiczna 18
e-mail: krzysztof.klamkowski@insad.pl

ABSTRACT

The effect of the duration of the growing period (12, 16 or 20 weeks) of strawberry tray plants (cv. ‘Elsanta’) on their quality and post-storage (-2°C) productivity was examined in the experiment. Measurements of air temperature during the growing period were used to calculate accumulated chilling hours (<6°C). No significant differences in weight, number and leaf area for tray plants grown for 12, 16 or 20 weeks were found. Tray plants grown for 20 weeks had the longest roots and the highest weight and crown diameter. The largest accumulation of starch in the roots was in the plants grown for 16 weeks (in comparison to those grown for 12 weeks), which was associated with the increased amount of chilling received by this group of plants. Prolonging the growing period to up to 20 weeks caused a reduction in starch content in strawberry roots possibly due to the effect of below-zero temperatures observed during the final stage of growing. There were no significant differences in the post-storage productivity of strawberry plants grown for different periods of time.

Key words: *Fragaria ananassa*, chilling units, cold storage, plant quality, protected cultivation

WSTĘP

Zwiększająca się konkurencja na rynku, niewielkie plony, a co za tym idzie coraz niższe przychody uzyskiwane z tradycyjnych plantacji truskawek sprawiły, że konieczne stało się wprowadzanie nowoczesnych technologii uprawy umożliwiających większą intensyfikację produkcji. Przykładem może być bezglebowa uprawa odmian deserowych z wykorzystaniem osłon, umożliwiająca uzyskanie wysokiej jakości owoców poza okresem ich dojrzewania w gruncie (uprawa sterowana).

Ważną rolę w intensyfikacji produkcji truskawek odgrywają sadzonki. Sadzonki tradycyjne (tzw. „zielone”) z uwagi na ograniczony okres dostępności, a także często nie najlepszą jakość nie znajdują zastosowania w sterowanej uprawie. Z tego powodu opracowano nowe sposoby pozyskiwania sadzonek o wysokiej jakości, które mogą być wykorzystane w dogodnym dla producenta terminie zarówno w uprawie polowej, jak i pod osłonami. Zaliczyć tu można sadzonki pozyskiwane z matecznika w okresie spoczynku zimowego roślin (kopane „frigo”), oraz sadzonki doniczkowe, otrzymywane z ukorzeniania rozetek liściowych (Żurawicz i Masny 2005). Oba typy sadzonek mogą być przechowywane w warunkach chłodni w temperaturze od $-1,5$ do -2°C , dzięki czemu zwiększa się zakres ich dostępności, co umożliwia plantatorom założenie uprawy w niemal dowolnym terminie (Lieten 2000; 2002).

Utrzymanie sadzonek w jak najlepszej kondycji w trakcie przechowywania jest podstawowym czynnikiem decydującym o sukcesie późniejszej uprawy. W ostatnich latach czynione są intensywne próby znalezienia kryterium, dzięki któremu możliwe stanie się określenie zdolności przechowalniczej sadzonek truskawek oraz ich potencjału produkcyjnego po przechowywaniu. Jak wykazały wcześniejsze badania (Treder i in. 2006) ocena sadzonek doniczkowych tylko na podstawie wyglądu czy nawet przez analizę parametrów budowy morfologicznej (np. wielkości systemu korzeniowego, powierzchni liści czy średnicy korony) jest niewystarczająca dla pełnego określenia ich potencjału plonotwórczego, jak też zdolności do przechowania w warunkach chłodni.

Na świecie prowadzone są próby scharakteryzowania jakości sadzonek na podstawie zależności pomiędzy ilością węglowodanów zakumulowanych w tkankach roślinnych w trakcie uprawy sadzonek (skrobia, sacharoza, cukry proste), przebiegiem warunków klimatycznych (głównie temperatury) a wigorem i produktywnością roślin po przechowywaniu (Lieten 1997; Schupp i Hennion 1997; Hicklenton i Reekie 1998).

We wcześniejszych badaniach wykazano, że plonowanie roślin zależało od długości okresu uprawy sadzonek przed rozpoczęciem przechowywania, a tym samym okresu chłodu (liczby godzin z temperaturą 0-6°C), który na nie oddziaływał (Treder i in. 2006). W niniejszej pracy przedstawiono wyniki dalszych badań nad tym zagadnieniem. Dodatkowo wykonano analizę zawartości skrobi w korzeniach sadzonek po zakończeniu ich przechowywania.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w szklarni Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach w latach 2006-2007. Materiał doświadczalny stanowiły rośliny truskawki 'Elsanta'. Sadzonki doniczkowe uzyskano z matecznika bezglebowego prowadzonego pod osłonami według opisu podanego przez Tredera i współautorów (2006).

Sadzonki doniczkowe uprawiano 12, 16 lub 20 tygodni. Po tym okresie hartowano je (3 dni w temperaturze 4°C), a następnie umieszczano w chłodni w temperaturze -2°C. W zależności od długości okresu uprawy sadzonki przenoszono do chłodni 17 XI, 20 XII 2006 lub 31 I 2007. Liczbę godzin zakumulowanego chłodu dla poszczególnych okresów uprawy określano na podstawie pomiarów temperatury powietrza (0-6°C) (Lieten 1997). Przed umieszczeniem w chłodni oceniano jakość sadzonek na podstawie pomiarów masy organów roślinnych, powierzchni liści, średnicy korony i długości korzeni. Do pomiaru powierzchni liści wykorzystano zestaw do analizy obrazu z oprogramowaniem WinDias 2.0 (Delta-T Devices, Wielka Brytania). Długość korzeni po wypłukaniu ich z podłoża została określona przy użyciu skanera korzeniowego i oprogramowania WinRhizo v2005b (Regent Instruments, Kanada). Pomiar

zawartości skrobi w korzeniach wykonano przed umieszczeniem sadzonek w chłodni oraz po zakończeniu przechowywania. Ilość skrobi została oznaczona metodą enzymatyczną z wykorzystaniem komercyjnego zestawu Boehringer Mannheim (Boehringer Mannheim 1993). Ocenę jakości sadzonek przeprowadzono na losowo wybranej próbie 10 roślin.

Po okresie przechowywania, w połowie marca 2007 roku sadzonki posadzono do 16-litrowych worków polietylenowych wypełnionych mieszanką torfu i kokosu (3:1) i umieszczono w szklarni (temp. dnia 18-22°C, temp. nocy 15-16 °C). Rośliny były nawadniane i nawożone systemem kroplowym na podstawie pomiarów wilgotności podłoża prowadzonych sondami pojemnościowymi CWP (ITS Systemy, Polska). Po zakończeniu okresu owocowania dla każdego z wariantów doświadczenia określono wielkość uzyskanego plonu. Doświadczenie przeprowadzono w 6 powtórzeniach. Jednostkę doświadczalną (powtórzenie) stanowił worek uprawowy z sześcioma roślinami. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, a do oceny istotności różnic między średnimi użyto wielokrotnego testu t-Duncana, przy poziomie istotności 5%.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki klimatyczne panujące w trakcie uprawy sadzonek

Jesień oraz początek zimy 2006/2007 charakteryzowały się nietypowym przebiegiem warunków pogodowych. Średnie temperatury miesięcy, w trakcie których prowadzono uprawę sadzonek (włącznie z grudniem 2006 i styczniem 2007), były dodatnie i przekraczały o kilka stopni Celsjusza średnie z wielolecia (tab. 1). Dopiero pod koniec analizowanego okresu, od około połowy stycznia zarejestrowano wyraźne obniżenie temperatury (do ok. -10°C). Nietypowy układ warunków pogodowych umożliwił wydłużenie czasu uprawy sadzonek, dzięki czemu rośliny były wystawione na działanie dłuższych okresów przechłodzenia niż w sezonie 2005/2006. Sadzonki uprawiane przez 12, 16 i 20 tygodni zgromadziły odpowiednio 198, 554 i 1020 h chłodu (0-6°C).

T a b e l a 1

Wybrane dane meteorologiczne dla okresu uprawy sadzonek – Temperature data for the growing period of strawberry tray plants

Miesiąc Month	Średnia temperatura Average temperature [°C]		Temperatura Temperature [°C]	
	okres uprawy growing period	wielolecie* multi-year	minimalna minimum	maksymalna maximum
X 2006	11,7	8,5	-0,4	21,2
XI 2006	6,6	3,0	-2,7	14,5
XII 2006	5,0	-0,4	-3,6	12,8
I 2007	3,8	-1,8	-9,6	12,0

* Na podstawie danych za okres 1979-2005, źródło: stacja meteorologiczna ISK – On the basis of data from 1979 to 2005, source: the weather station of the Research Institute of Pomology and Floriculture

Jakość sadzonek oraz zawartość skrobi w korzeniach

Analiza cech morfologicznych nie wykazała istotnych różnic między wielkością masy, powierzchnią i liczbą liści sadzonek uprawianych przez różny okres czasu (tab. 2). Sadzonki uprawiane najdłużej (20 tyg.) charakteryzowały się większą masą i średnicą korony. Wynika z tego, że przy przedłużającej się wegetacji można uzyskać sadzonki o większej średnicy, należy jednak mieć na uwadze niebezpieczeństwo wystąpienia przymrozków. Sadzonki uprawiane przez 20 tygodni wykształciły również najbardziej rozbudowany system korzeniowy, który charakteryzował się występowaniem większej liczby drobnych korzeni (o średnicy mniejszej niż 0,1 mm). Dane te potwierdzają wyniki zaprezentowane we wcześniejszej pracy (Treder i in. 2006), w której stwierdzono, że wraz z wydłużaniem okresu uprawy sadzonek rosło zagęszczenie korzeni w bryle korzeniowej (z uwagi na ograniczoną objętość doniczki).

Tabela 2

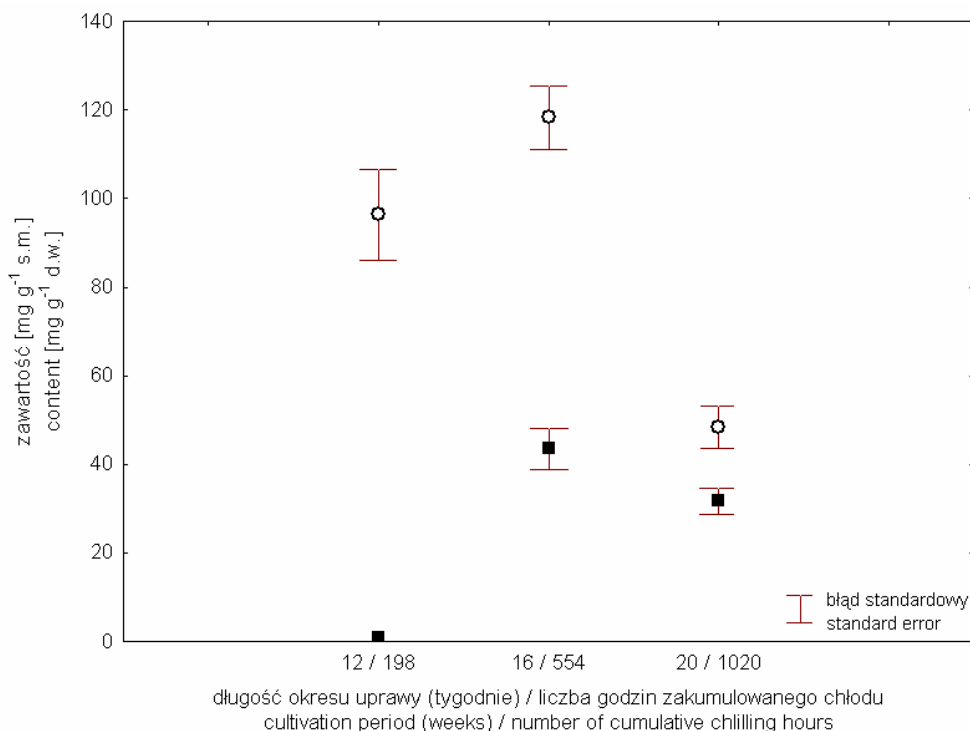
Cechy morfologiczne sadzonek truskawek – Morphological parameters of strawberry tray plants

Cechy morfologiczne Morphological parameters	Długość okresu uprawy/liczba godzin zakumulowanego chłodu Duration of growing period/number of cumulative chilling hours		
	12 tyg./198 h 12 weeks/198 hrs	16 tyg./554 h 16 weeks/554 hrs	20 tyg./1020 h 20 weeks/1020 hrs
Masa liści Leaf weight [g]	8,86 a	7,32 a	10,77 a
Powierzchnia liści [cm ² roślina ⁻¹] Total leaf area [cm ² plant ⁻¹]	264,05 a	234,37 a	296,30 a
Liczba liści [roślina ⁻¹] Number of leaves [no. plant ⁻¹]	5,70 a	5,30 a	6,00 a
Masa korony Crown weight [g]	3,66 a	4,67 a	6,51 b
Średnica korony Crown diameter [mm]	12,46 a	12,89 a	15,06 b
Masa korzeni Root weight [g]	9,06 a	8,59 a	14,41 b
Długość korzeni Root length [cm]	3030,41 a	2418,29 a	4400,17 b
Średnica korzeni Root diameter [mm]	0,16 ab	0,19 b	0,09 a

*Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie 5% według wielokrotnego testu t-Duncana – Means with the same letter within the rows are not significantly different (5%) according to Duncan's multiple range t-test

Zawartość skrobi w korzeniach sadzonek truskawek przed rozpoczęciem przechowywania oraz po jego zakończeniu przedstawiono na rysunku 1. Największą ilość skrobi w korzeniach zgromadziły sadzonki, dla których okres przechłodzenia wynosił 554 h (uprawiane przez 16 tygodni), przy czym przyrost zawartości tego polisacharydu w porównaniu z sadzonkami uprawianymi przez 12 tygodni (198 h chłodu) wynosił około 23%. Najmniejszą ilość skrobi stwierdzono natomiast u sadzonek uprawianych przez 20 tygodni, u których przechłodzenie było

najdłuższe (ponad 1000 h). Można to wytłumaczyć przebiegiem warunków pogodowych. W trakcie uprawy tej grupy sadzonek (styczeń 2007) wystąpił okres ujemnych temperatur. To prawdopodobnie spowodowało rozkład części skrobi zgromadzonej w tkankach roślinnych, podobnie jak podczas przechowywania w chłodni.



Rysunek 1. Zawartość skrobi w korzeniach sadzonek truskawek przed rozpoczęciem przechowywania w chłodni (otwarte symbole) i po jego zakończeniu (symbole wypełnione) – Pre-storage (open symbols) and post-storage (closed symbols) root starch concentrations in strawberry tray plants

W kilku pracach wykazano, że jakość sadzonek i ich zdolność przechowalnicza są związane z zawartością cukrów w organach roślinnych (korzenie, korona), która z kolei zależy od warunków klimatycznych panujących w trakcie uprawy (Bringinghurst i in. 1960; Cieśliński i Borecka 1989; Lieten 1997; Treder i in. 2006). Akumulacja skrobi w organach

roślin następuje bowiem w warunkach niskich (dodatnich) temperatur oraz odpowiednich warunkach świetlnych (krótki fotoperiod) (Maas 1986). W przypadku truskawek intensywna akumulacja cukrów w korzeniach i koronach następuje od późnego lata do początku zimy (Nishizawa i Hori 1989).

Na uwagę zasługują wyniki zawartości skrobi po zakończeniu przechowywania (rys. 1). W tkankach korzeni sadzonek uprawianych przez 12 tygodni wykryto śladowe ilości skrobi, co oznacza, że podczas przechowywania tej grupy sadzonek (ok. 4 miesiące) niemal cała skrobia uległa degradacji. W przypadku roślin uprawianych 16 tygodni (ok. 3 miesiące przechowywania) zawartość tego polisacharydu obniżyła się o około 63%. U roślin uprawianych najdłużej (20 tyg.), przechowywanych przez około 1,5 miesiąca, obniżenie ilości skrobi wynosiło około 34%, aczkolwiek w tym przypadku nie można określić rzeczywistego poziomu redukcji, z uwagi na niską początkową zawartość tego sacharydu w korzeniach roślin z tej kombinacji. Schupp i Hennion (1997) wykazali, że degradacja skrobi w korzeniach truskawek (odmiany Elsanta) następowała szczególnie intensywnie podczas początkowego okresu przechowywania sadzonek w ujemnych temperaturach (przez około miesiąc po jego rozpoczęciu). Powstające w wyniku hydrolizy skrobi sacharoza i cukry proste mają znaczenie w mechanizmach obronnych roślin przed skutkami działania mrozu (Bigey 2000).

Plonowanie roślin po zakończeniu przechowywania

W badaniach nie wykazano istotnych różnic w przeżywalności roślin (dane nieprezentowane) ani wielkości plonu dla trzech badanych kombinacji (tab. 3). Wydłużenie okresu uprawy nie miało wpływu na wielkość plonowania roślin. Istotne znaczenie ma także fakt, iż nie stwierdzono znaczącej redukcji plonu roślin najwcześniej umieszczonych w chłodni, które po zakończeniu przechowywania miały minimalne ilości skrobi w korzeniach (rys. 1). Wynika z tego, że ilość zakumulowanej w tkankach skrobi była wystarczająca dla utrzymania dobrej kondycji sadzonek w trakcie przechowywania.

Tabela 3

Plonowanie i średnia masa owocu truskawek w zależności od długości okresu uprawy sadzonek – Yield and average fruit weight of strawberry tray plants as influenced by the duration of the growing period

Parametr Parameter	Długość okresu uprawy/liczba godzin zakumulowanego chłodu Duration of growing period/number of cumulative chilling hours		
	12 tyg./198 h 12 weeks/198 hrs	16 tyg./554 h 16 weeks/554 hrs	20 tyg./1020 h 20 weeks/1020 hrs
Plon [g roślin ⁻¹] Yield [g plant ⁻¹]	70,95 a*	73,78 a	72,82 a
Plon Yield [kg m ⁻²]	1,66 a	1,72 a	1,70 a
Średnia masa owocu Average fruit weight [g]	7,71 a	7,28 a	7,30 a

*Średnie w rzędach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie 5% według wielokrotnego testu t-Duncana – Means with the same letter within the rows are not significantly different (5%) according to Duncan's multiple range t-test

Wyniki badań wskazują, że przy prowadzeniu matecznika pod osłonami stosunkowo wcześniej można uzyskać dobrze wyrosnięte sadzonki doniczkowane. Materiał taki nie może być jednak zbyt wcześnie umieszczany w chłodni, gdyż po przechowywaniu rośliny zginą lub wydadzą minimalny plon (Treder i in. 2006). Dla otrzymania dobrej jakości doniczkowanych sadzonek „frigo”, przed ich umieszczeniem w chłodni niezbędny jest okres uprawy w warunkach chłodu. Wyznaczenie długości tego okresu (liczby godzin chłodu) oraz progowych wartości zawartości cukrów w organach roślinnych jest jednak w dalszym ciągu dyskusyjne. Według Lietena (1997, 2000) dla odmiany Elsanta minimalna wartość niezbędna dla prawidłowego przechowywania sadzonek w chłodni przez dłuższy czas (ponad 6 miesięcy) to 480-500 godzin z temperaturą poniżej 6°C (zawartość skrobi w korzeniach wynosiła ok. 22 mg/g s.m.).

W poprzednich badaniach (Treder i in. 2006) wykazano, że wystarczyło 88 h przechłodzenia, aby uzyskać dobre przechowywanie sadzonek (przez ok. 3 miesiące) oraz satysfakcjonujący plon (zawartość skrobi w korzeniach była wówczas na poziomie 110 mg/g s.m.). Dłuższa uprawa w warunkach chłodu (346 h) nie spowodowała znaczącego przyrostu plonu, mimo wzrostu zawartości skrobi w korzeniach (210 mg/g s.m.). Wyniki przedstawione potwierdziły, że dalsze wydłużanie okresu przechłodzenia nie miało wpływu na produktywność roślin (tab. 3).

Skład i dystrybucja puli węglowodanów jest determinowana przez czynniki klimatu – temperaturę oraz fotoperiod. Fotoperiod jest stałym czynnikiem w środowisku, podczas gdy przebieg temperatur może się znacznie różnić w poszczególnych latach, co zaobserwowano w trakcie sezonów 2005/2006 oraz 2006/2007. Przy określaniu skumulowanej liczby godzin chłodu należałoby zatem wziąć pod uwagę intensywność oddziaływania przechłodzenia. Chłód może być bowiem przerywany okresami wyższych temperatur. Jest to szczególnie istotne wczesną jesienią w przypadku krótkich okresów uprawy sadzonek. Taka sytuacja zdarzyła się w trakcie naszych badań, gdy po okresie chłodu temperatura w październiku wzrastała powyżej 20°C, a w listopadzie powyżej 14°C (tab. 1). Według niektórych doniesień (Bigey 2002) taki wzrost temperatury może redukować efekt wywołany przez wcześniejsze oddziaływanie chłodu. W tym może tkwić przyczyna różnic w poziomie akumulacji skrobi w korzeniach truskawek obserwowanych pomiędzy sezonami 2005/2006 (Treder i in. 2006) oraz 2006/2007 (rys. 1).

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki wskazują, że chłód indukuje zmiany w wielkości akumulacji skrobi. Zmienność warunków klimatycznych powoduje jednak trudności w precyzyjnym określeniu zależności pomiędzy wzorcami akumulacji tego polisacharydu w korzeniach truskawek a zdolnością przechowalniczą sadzonek i ich następczą produktywnością. Wydaje się zatem mało prawdopodobne aby poziomy zawartości węglowodanów określone we wcześniejszych doświadczeniach (Bringhurst i in. 1960;

Lieten 1997; Treder i in. 2006) znalazły bezpośrednie zastosowanie dla różnych odmian i regionów geograficznych. Podobnego zdania są także Hicklenton i Reekie (1998). Autorzy ci stwierdzili, że duża zmienność w zawartości cukrów obserwowana w trakcie kolejnych lat badań utrudnia wykorzystanie tego parametru dla określenia terminów pozyskiwania sadzonek. Niezbędne są dalsze prace w celu sprecyzowania tych zależności dla warunków Polski, z uwzględnieniem odmian, które cieszą się największą popularnością wśród producentów materiału nasadzeniowego.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005-2008 jako projekt badawczy KBN-0841/P06/2005/28.

LITERATURA

- Bigey J. 2000. The search for a criterion for assessing the quality of cold stored strawberry plants. Report of the third meeting of WG3 – plant physiology (Cost action 836). Ancona, Italy.
- Bigey J. 2002. Chilling requirements and compensation for the lack of chilling in strawberry. *Acta Hort.* 567: 269-272.
- Boehringer Mannheim. 1993. Methods of biochemical analysis and food analysis using test-combinations. Boehringer Mannheim GmbH, Mannheim, Germany.
- Bringhurst R.S., Voth V., Van Hook D. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California strawberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75: 373-381.
- Cieśliński G., Borecka B. 1989. Evaluation of the usability of runners of strawberry cultivars in cold storage. *Acta Hort.* 265: 359-362.
- Hicklenton P.R., Reekie J. 1998. Plant age, time of digging and carbohydrate content in relation to storage mortality and post storage vigor of strawberry plants. *Acta Hort.* 513: 237-245.
- Lieten P. 1997. Relationship of digging date, chilling and root carbohydrate content to storability of strawberry plants. *Acta Hort.* 439: 623-626.
- Lieten P. 2000. Recent advances in strawberry plug transplant technology. *Acta Hort.* 513: 383-388.

- Lieten P. 2002. The use of cold stored plant material in Central Europe. *Acta Hort.* 567: 553-560.
- Maas J.L. 1986. Photoperiod and temperature effects on starch accumulation in strawberry roots. *Adv. Strawberry Res.* 5: 22-24.
- Nishizawa T., Hori Y. 1989. Photosynthesis and translocation of recently assimilated carbon in vegetative and dormant stages of strawberry plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 57: 633-641.
- Schupp J., Hennion B. 1997. The quality of strawberry plants in relation to carbohydrate reserves in roots. *Acta Hort.* 439: 617-621.
- Treder W., Tryngiel-Gać A., Klamkowski K. 2006. Plonowanie truskawki 'Elsanta' w zależności od terminu umieszczenia sadzonek w chłodni. *Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac.* 14: 37-44.
- Żurawicz E., Masny A. 2005. *Uprawa truskawek w polu i pod osłonami.* Plantpress, Warszawa.